

Problemy infrastrukturalne związane z funkcjonowaniem stacji ładowania pojazdów elektrycznych przy drodze o dużym natężeniu ruchu

Abstract. The paper presents issues related to the problems that should be overcome when joining the project for the development of electric transport in long-distance traffic. Additionally, the possibilities of using renewable sources to support the operation of charging stations were indicated. (Infrastructure problems related to the operation of electric vehicle charging stations on a road with heavy traffic)

Streszczenie. W pracy przedstawiono zagadnienia związane z problemami jakie należy pokonać przystępując do projektu rozwoju transportu elektrycznego w ruchu długodystansowym. Dodatkowo wskazano możliwości wykorzystania źródeł odnawialnych do wsparcia funkcjonowania stacji ładowania.

Keywords: electric vehicles, charging stations, photovoltaic power sources, energy distribution system.

Słowa kluczowe: Pojazdy elektryczne, stacje ładowania, elektrownie fotowoltaiczne, system elektroenergetyczny.

Wprowadzenie

Pojazdy elektryczne charakteryzują się wielokrotnie dłuższym procesem uzupełniania energii od pojazdów spalinowych. W związku z tym zapewnienie odpowiedniej infrastruktury ładowania jest warunkiem koniecznym dla rozwoju tego typu transportu. W artykule przedstawiona zostanie analiza barier rozwoju transportu pojazdów elektrycznych w ruchu długodystansowym.

W Polsce na koniec kwietnia 2021r. było zarejestrowanych 23 834 pojazdów elektrycznych, w tym 11 841 BEV (battery electric vehicles). Pojazdy te mogły korzystać z 1456 stacji ładowania, w tym 972 szybkich stacji DC [1]. Scenariusze rozwoju rynku pojazdów elektrycznych w Polsce zawarte w raporcie „Polish EV Outlook 2020” [2] zakładały, że liczba samochodów całkowicie elektrycznych (BEV) może wynieść 280 tys. szt. w 2025 i blisko 900 tys. szt. w 2030r., przy aktywnym wsparciu państwa w rozwój elektromobilności. (Mimo znacznej dynamiki wzrostu ilości pojazdów w pierwszych czterech miesiącach br. wynoszącej 137%, wydaje się, że założenia przyjęte w scenariuszach rozwoju są zbyt optymistyczne, a wsparcie państwa kierowane jest głównie do sektora publicznego.)

Rozwój elektromobilności w Polsce wymaga m.in. budowy stacji ładowania dla samochodów elektrycznych. W raporcie Polish EV Outlook 2020 zakłada się, że liczba punktów ładowania zainstalowanych w stacjach ogólnodostępnych wzrośnie z obecnych 2,5 tys. do 48 tys. w 2025 r. i 91 tys. w roku 2030. Obecnie jeden punkt ładowania przypada na 7 osobowych pojazdów elektrycznych, co jest uznawane za dobry wynik w UE. Tak wysoki współczynnik liczby stacji do liczby pojazdów wskazuje na konieczność ponoszenia wysokich nakładów na infrastrukturę przy wprowadzeniu modelu transportu samochodowego w oparciu o zasilanie prądem.

Metodologia i problem do rozwiązania

Problem zapewnienia operacyjnej sprawności Krajowego Systemu Przesyłowego przy podłączaniu do systemu OZE i odbiorców energii w postaci stacji ładowania jest rozważany przez PSE od wielu lat. Rozwiązaniem jest tworzenie inteligentnej sieci, której elementy tzw. Smart Grid będą działały autonomicznie, łącząc producentów energii ze źródeł konwencjonalnych i odnawialnych, właścicieli linii i odbiorców, dostosowując się do ich potrzeb automatycznie [3].

Z uwagi na niską elastyczność systemu elektroenergetycznego w Polsce w kontekście dalszego zwiększania udziału energii odnawialnych źródeł energii OZE w systemie [4], coraz większą rolę będą odgrywać różne konfiguracje Smart Grid, w tym systemy wyspowe. Jednym z takich elementów będzie hybrydowa paliwowo elektryczna lub w pełni elektryczna stacja ładowania pojazdów umiejscowiona w miejscach dużego zapotrzebowania na energię, jakimi są trasy szybkiego ruchu pojazdów.

W pracy przedstawiono bilans energii potrzebnej do zasilenia stacji z różnych źródeł oraz symulację ich optymalnego udziału.

W pracy pominięto problematykę wprowadzania energii elektrycznej z OZE do sieci elektroenergetycznej i Smart Grid. Interesujące spostrzeżenia na ten temat zawiera m.in. opracowanie [5].

W celu szybkiego ładowania pojazdu preferuje się korzystanie z prądu stałego i w takie ładowarki wyposażane są stacje komercyjne. Ładowanie prądem stałym pozwala znacznie skrócić ten proces, ponieważ wykorzystuje się moce od 41 do 350 kW [6].

Model funkcjonowania stacji ładowania pojazdów elektrycznych działający w oparciu o energię z OZE i magazynów energii

Tankowanie pojazdu spalinowego bez formalności związanych z płaceniem trwa około 1 minuty (dystrybutor zapewnia wydatek 40 l/min). Oznacza to, że w czasie potrzebnym do naładowania pojedynczego pojazdu elektrycznego można zatankować około 30 pojazdów spalinowych. Naładowanie odpowiedniej ilości pojazdów elektrycznych uzyska się zwiększając moc ładowarek lub ilość punktów ładowania. Obie te metody prowadzą do zwiększonego zapotrzebowania na moc. Na stacji umiejscowionej przy drodze szybkiego ruchu istotna jest dostępność ładowarki oraz odpowiednia jej moc, pozwalająca maksymalnie skrócić czas ładowania. Stąd konieczność wykorzystania szybkich ładowarek na prąd stały (DC).

Poniżej przedstawiono symulację „zastępowalności” stacji paliw stacją ładowania. Podstawowe parametry stacji ładowania zestawione są w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry stacji ładowania

Stacja ładowania	
Moc pojedynczego punktu ładowania	150 [kW]
Czas ładowania	0,3 [h]
Energia zmagazynowana	43 [kWh]
Ilość punktów ładowania na stacji	8 [szt.]
Moc zainstalowana	1,8 [MW]
Współczynnik wykorzystania stacji	0,6
Ilość pojazdów	576
Dzienne zużycie ee MWh	25,92
Roczne zużycie ee MWh	9 460,8

Na stację ładowania składają się ładowarki prądu stałego o mocy 150kW. Podczas ładowania ok. 5% energii to straty ładowarki w procesie ładowania. Po ładowaniu w czasie 20 min pełną mocą ładowarki, ilość energii w akumulatorach pojazdu wzrośnie o ok.43 kWh.

Rzeczywista przepustowość dobową stacji paliwowej i teoretyczna przepustowość dobową stacji ładowania akumulatorów

W tabeli 2 oszacowano możliwą dobową ilość tankowanych pojazdów (tankowane są 4 pojazdy na godzinę z jednego dystrybutora x 6 dystrybutorów, ; dla stacji ładowania założono 12 dystrybutorów) na przeciętnej stacji paliw [7]i zestawiono ją z możliwą ilością ładowania pojazdów elektrycznych w tym samym czasie i na takiej samej powierzchni. Zasięgi pojazdów oszacowano na podstawie informacji dotyczącej zużycia paliwa przez spalinowe pojazdy kompaktowe [8]a zasięg pojazdów elektrycznych [9].

Tabela 2. Funkcjonowanie stacji paliw/ładowania

Stacja paliw/stacja ładowania	Paliwa	Energia el.
Dobowa liczba pojazdów	576 [szt.]	576 [szt.]
Sprzedaż paliwa/energii na pojazd	21 [l]	42,7 [kWh]
Dobowa sprzedaż paliwa	12096 [l]	
		25920 [kWh]
Dobowa sprzedaż energii elektrycznej		
Niezbędna moc zainstalowana na stacji	46 [kW]	1800 [kW]
Zasięg pojazdu z zakupionego paliwa/energii	350 [km]	237 [km]

Dla zapewnienia pełnej swobody w funkcjonowaniu systemu dla pojazdów elektrycznych musielibyśmy założyć, że niezbędna moc zainstalowana na takiej stacji powinna wynosić około 1,8 MW. Tak duża moc może się okazać trudną do pokonania barierą dla dostawcy energii, co wymusi wyższe koszty funkcjonowania całego systemu. Dodatkowo należy pamiętać, że obecnie przeciętny pojazd elektryczny posiadający akumulatory o pojemności 70 kWh ma zasięg ok. 300 km, który jest blisko dwukrotnie niższy od zasięgu pojazdu spalinowego. Wymusza to konieczność częstszego ładowania akumulatorów trakcyjnych pojazdu elektrycznego w porównaniu z tankowaniem samochodu spalinowego.

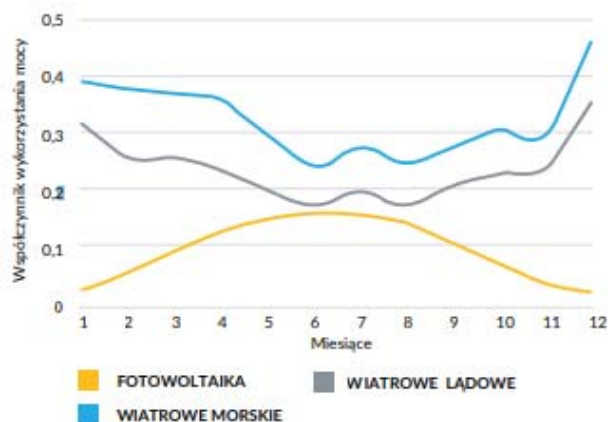
Problem naładowania odpowiedniej ilości pojazdów elektrycznych bez korzystania z mocy systemowej można rozwiązać konfigurując zasilanie stacji ładowania w oparciu o instalacje OZE.

Niewielka farma wiatrowa o parametrach wyszczególnionych poniżej pozwala zapewnić odpowiednią moc i energię dla stacji.

Tabela 3. Parametry farmy wiatrowej

Farma wiatrowa	
Moc	3 000 [kW]
Współczynnik wykorzystania mocy	0,4
Średnia dzienna energia wygenerowana	28 800 [kWh]
Roczna energia	10 512 [MWh]

Z uwagi na nierównomierność pracy źródeł OZE należy zakładać istotne zasilanie stacji ze źródeł konwencjonalnych bądź innych źródeł OZE, które częściowo kompensują braki produkcji energii w ujęciu dziennym i sezonowo. Średnie współczynniki wykorzystania mocy OZE w latach 2011-2015 przedstawia poniższy wykres [10]:



Rys.1. Średnie współczynniki wykorzystania mocy OZE w latach 2011 - 2015

Dołączenie instalacji fotowoltaicznej pozwoli skompensować możliwe niedobory energii wiatrowej w okresach intensywnej pracy stacji w ciągu dnia, szczególnie w okresach letnich.

Tabela 4. Parametry farmy fotowoltaicznej

Instalacja FV	
Powierzchnia instalacji m2	24000
Liczba paneli	3168
Moc panelu Wp	350
Łączna moc max instalacji kW	1108,8
Współczynnik wykorzystania mocy	0,228
Średnia produkcja energii dziennie MWh	6,1
Produkcja energii rocznie MWh	2215
Moc rzeczywista instalacji MW	0,89

Uzupełnieniem bezpieczeństwa ciągłości funkcjonowania stacji może być również magazyn energii, który przez krótki czas szczególnie bezwzględnej pogody w nocy zapewni energię.

Tabela 5. Parametry magazynu energii

Magazyn energii	
Pojemność MWh	4
Moc MW	0,6
Możliwy czas pracy w h	4
Ilość naładowanych pojazdów	13,3

Określenie wystarczalności potencjału energii generowanej z OZE do ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce.

Moc zainstalowana paneli fotowoltaicznych wyniosła na koniec roku 2020 w Polsce 3,9 GW [11], a na koniec 2025 ma wynieść 7,9 GW [12]. Według założeń Polityki Energetycznej Polski potencjał instalacji jest oceniany na 16 GW do 2040 roku. Oznacza to, że w 2025 produkcja energii elektrycznej z elektrowni fotowoltaicznych może wynieść 7,8 TWh, a w 2040 16 TWh.

Przy założeniu, że w 2025 będzie jeździć 1 mln aut elektrycznych w Polsce, zapotrzebowanie z tego tytułu na energię wyniesie 4TWh. W 2040 przy funkcjonowaniu 10 mln EV, zapotrzebowanie na energię wyniesie 40TWh. Doliczając do elektrowni fotowoltaicznych, elektrownie

wiatrowe, których potencjał wynosi obecnie 6,4GW, produkcja energii 14,3TWh, w 2025 wyniesie 7,0GW, produkcja 15,0TWh a, w 2040 11GW mocy i produkcja 24 TWh [13]. Produkcja z OZE wystarczy na pokrycie zapotrzebowania generowanego przez pojazdy elektryczne w Polsce.

Problem dostępności mocy do ładowania pojazdów elektrycznych na poziomie kraju

Zgodnie ze Strategią na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju w 2025r. po polskich drogach ma jeździć 1 mln pojazdów elektrycznych [14]. Według autorów opracowania [15]z punktu widzenia Krajowego Systemu Elektroenergetycznego wzrost zapotrzebowania na energię wywołany wprowadzeniem do eksploatacji miliona pojazdów elektrycznych wyniesie ok. 5% produkowanej energii elektrycznej w Polsce tj. 4,41TWh. Autor podobnej analizy [16] również uznaje, że nawet duży wzrost ilości pojazdów elektrycznych w transporcie drogowym będzie powodował raczej umiarkowane zapotrzebowanie na dodatkowe moce wytwórcze, zakładając, że przedsiębiorstwa energetyczne będą miały pewną kontrolę nad trybem ładowania aut. Wyliczenia tego modelu zakładają brak ograniczeń w sieci przesyłowej.

Brak ekonomicznych zachęt do ładowania poza godzinami szczytu może prowadzić do rozchwiania systemu energetycznego kraju poprzez powiększenie się różnicy pomiędzy zapotrzebowaniem szczytowym a pozaszczytowym na energię elektryczną. Istotnym problemem jest dostępność odpowiedniej mocy elektrycznej, która musi być dostarczona przy wykorzystaniu infrastruktury OSD.

Wnioski.

1. Do naładowania takiej samej ilości aut elektrycznych, co spalinowych, na stacji paliw/ładowania potrzebnych jest 12 punktów ładowania zamiast 6 dystrybutorów paliw.

2. Zapotrzebowanie na moc w sytuacji maksymalnego obciążenia wynosi 1,8 MW dla jednej dużej stacji ładowania.

3. Istotnym uzupełnieniem źródła energii dla stacji ładowania mogą stać się źródła OZE, razem z magazynem energii.

4. Uruchomienie grupy kilkudziesięciu dużych stacji ładowania pozwoli na swobodne przemieszczanie się pojazdów elektrycznych po kraju w zakładanej dla lat 2025 – 2030 ilości, ale wymusi znaczne zapotrzebowanie na energię elektryczną, które w dużej części może zostać pokryte ze źródeł OZE.

5. Generacja energii elektrycznej z OZE wystarczy do zaspokojenia potrzeb ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce w zakładanym horyzoncie czasowym, tj. do 2040r.

6. Zapotrzebowanie na moc ładowania pojazdów użytkowanych w sposób podobny do pojazdów spalinowych, które zasilane są podczas dnia, może wywołać problemy z dostępnością wystarczającej mocy energii w systemie energetycznym bez wsparcia OZE.

Autorzy:

mgr Robert Kaznowski, Wrocław, E-mail:

robert.kaznowski@mailplus.pl;

dr hab. Dariusz Szafrowski prof. PWR

Politechnika Wrocławska, Katedra Energoelektryki, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail:

dariusz.szafrowski@pwr.edu.pl.

LITERATURA

1. <https://pspa.com.pl/2020/informacja/licznik-elektromobilnosci-ponad-13-tys-samochodow-osobowych-z-napedem-elektrycznym-na-polskich-drogach/> (dostęp 28.09.2020r.)
2. <https://www.kierunekenergetyka.pl/artukul,76136,najnowsza-prognoza-rozwoju-elektromobilnosci-w-polsce.html> (dostęp 17.07.2020r.)
3. Henryk Majchrzak PSE testuje samochody elektryczne, Czysta Energia nr10/2010, Warszawa 2010
4. Elastyczność krajowego systemu elektroenergetycznego Diagnoza, potencjał, rozwiązania, Czarnecki, Magulski Forum Energii Warszawa 2019
5. www.energetyka.eu strona579 październik2012 Henryk Majchrzak, Grzegorz Tomasiak, Polskie Sieci Elektroenergetyczne – Operator S.A. Wykorzystanie technologii magazynowania energii do integracji energetyki wiatrowej z systemem elektroenergetycznym
6. Jakub Zawieska, Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce, Instytut Infrastruktury, Transportu i Mobilności, Szkoła Główna Handlowa („Nowa Energia” – 4/2019
7. Raport roczny 2018, Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego, Warszawa 2020
8. <https://www.wyborcikierowcow.pl/60-najoszczedniejszych-aut-uzywanych-srednio-spalaja-mniej-niz-6-l-100-km/> (dostęp 17.01.2020r.)
9. Andrzej Maciejczyk, Samochody z napędem elektrycznym :mity i rzeczywistość, Autobusy: Technika, eksploatacja, systemy transportowe, Radom 12/2017
10. Plan rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2018-2027, Polskie Sieci Elektroenergetyczne, styczeń 2018
11. Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2021, Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa 2021
12. Mapa Drogowa Rozwoju Przemysłu Fotowoltaicznego w Polsce do 2030 roku, Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa 2020
13. Polityka Energetyczna Polski 2040, Ministerstwo Klimatu, Warszawa 2020r.
14. Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, Warszawa 2016
15. Paweł Bralewski, Łukasz Szablowski, Krzysztof Badyda, Wojciech Bujalski, Instytut Techniki Ciepłej, Zakład Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Politechnika Warszawska, Perspektywy rozwoju elektromobilności w Polsce z punktu widzenia Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, „Nowa Energia”–4/2018
16. Uroś RADOVIĆ, Wpływ samochodów elektrycznych na polski system elektroenergetyczny, emisję CO2 oraz inne zanieczyszczenia powietrza, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk nr 104, Warszawa 2018